



离线式反激电源的数字控制

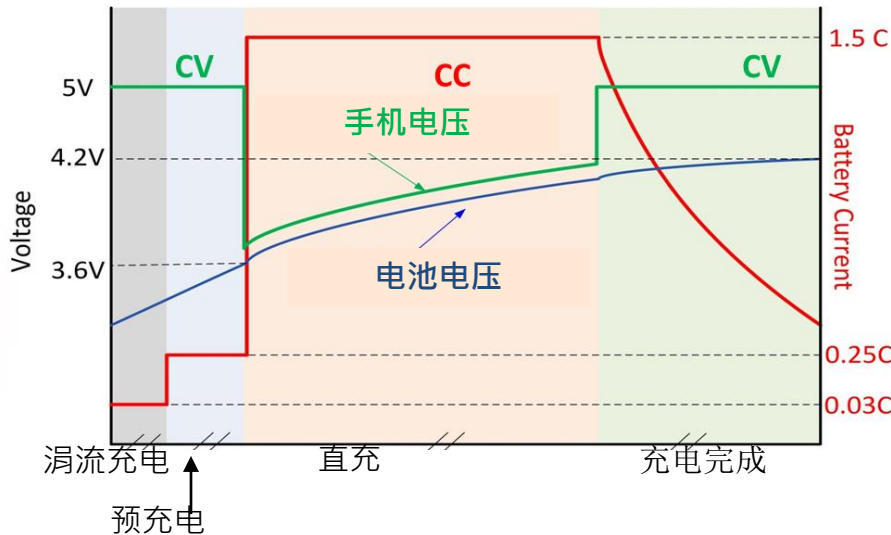
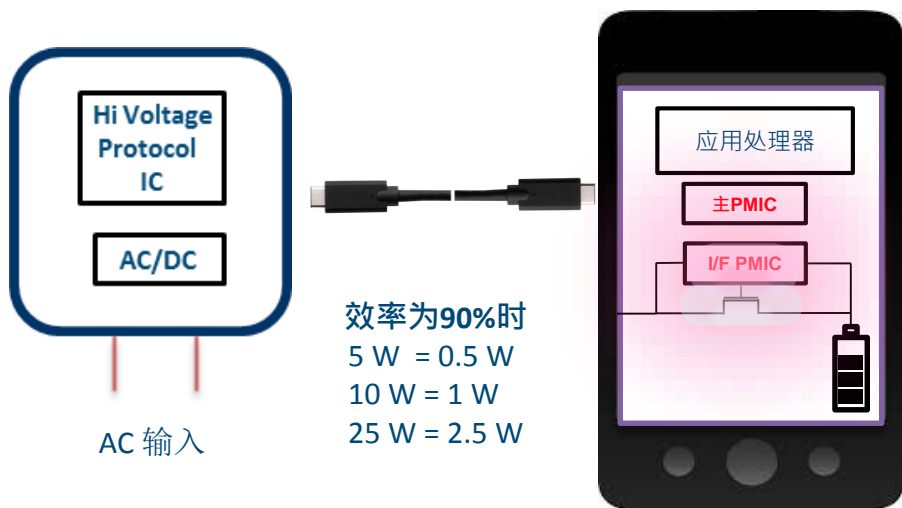
适用于USB PD 宽输出电压应用且满足DOE (6)效率标准

议程

- 宽输出电压要求的**USB PD**电源
- 改进的反激式拓扑可提供高性价比的满足**DoE(6)**效率要求的高效解决方案
- 宽输出电压范围反激式电源 - 设计优化与挑战
- 具备**I²C**接口的高集成度的数字控制
- 设计范例



数字可编程电源的必要性



- I/F PMIC是同步降压式稳压器 – 输入电压越高(9 V/12 V)，损耗也越大
- 采用电压及电流控制的直接“冷充”技术可解决手机的发热问题
- USB PD 3.0的PPS特性可实现“依负载所需的充电”
 - ▶ 根据负载的指令，适配器的电压可以20mV的档位发生变化，电流以50mA的档位发生变化

数字可编程电源的必要性

适配器功率水平	强制性要求的 USB PD 输出能力
< 15 W	只有5 V
15 – 27 W	5 V, 9 V
27-45 W	5 V, 9 V, 15 V
> 45 W	5 V, 9 V, 15 V, 20 V

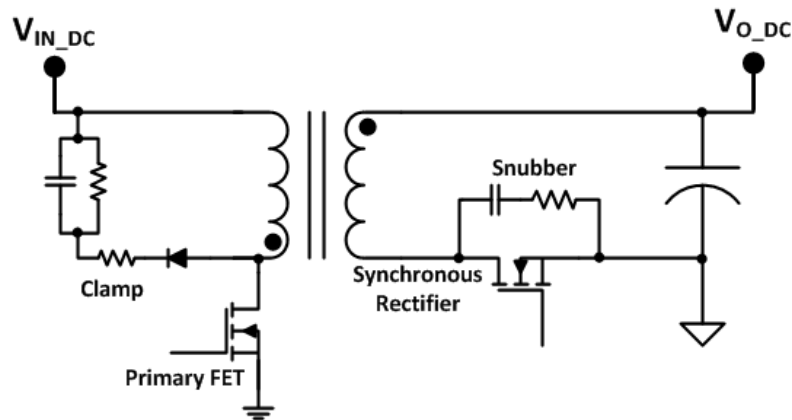
涉及的特性	固定输出电源	数字可编程电源
恒压模式	5 V 9 V 15 V 20 V	3.0 V至5.9 V 3.0 V至11.0 V 3.0 V至16.0 V 3.0 V至21.0 V
可变电压档位	无	额定20 mV
可变电流档位	无	额定50 mA

USB PD 3.0 PPS电压及电流规范

- I/F PMIC是同步降压式稳压器 – 输入电压越高(9 V/12 V)，损耗也越大
- 采用电压及电流控制的直接“冷充”技术可解决手机的发热问题
- **USB PD 3.0的PPS特性可实现“依负载所需的充电”**
 - ▶ 根据负载的指令，适配器的电压可以20mV的档位发生变化，电流以50mA的档位发生变化

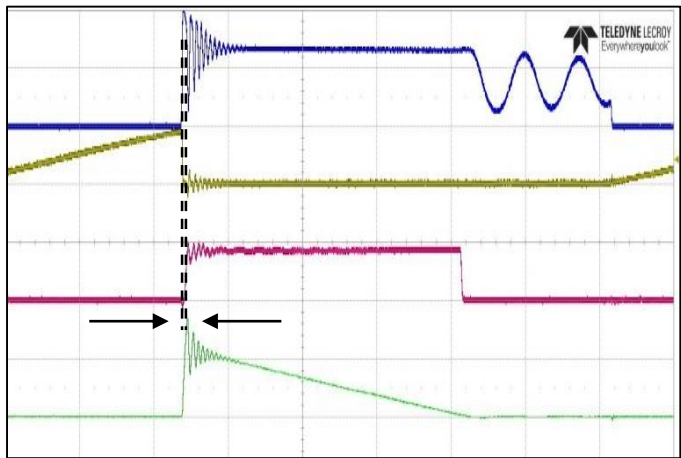
解决方案：采用同步整流、准谐振开关和CCM/DCM工作模式的变频反激式拓扑

- 反激式拓扑的简单性可确保可靠性
- 高效率可降低热耗散
 - ▶ 同步整流
 - ▶ DCM模式下的准谐振开关
- 宽输出电压范围需要工作于CCM和DCM模式
 - ▶ 在DCM-CCM切换时实现SR的平滑、可靠控制
- 变频技术可在整个负载范围内始终保持高效率
 - ▶ 开关频率与负载成正比
 - ▶ 空载时工作频率极低，可降低输入功率



SR开关时序的精确控制可提高效率和可靠性

非连续导通模式(DCM)



初级漏极电压

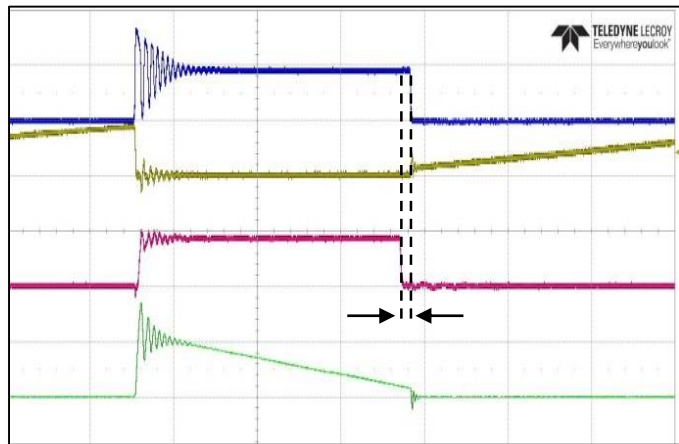
初级漏极电流

次级SR栅极驱动

次级电流

- 精确的初级关断与SR开通时序可提高效率
- 控制机制确保任何情况下只有一个开关管处于导通状态
 - ▶ 可确保CCM-DCM工作方式下同步整流的精确性和可靠性

连续导通模式(CCM)



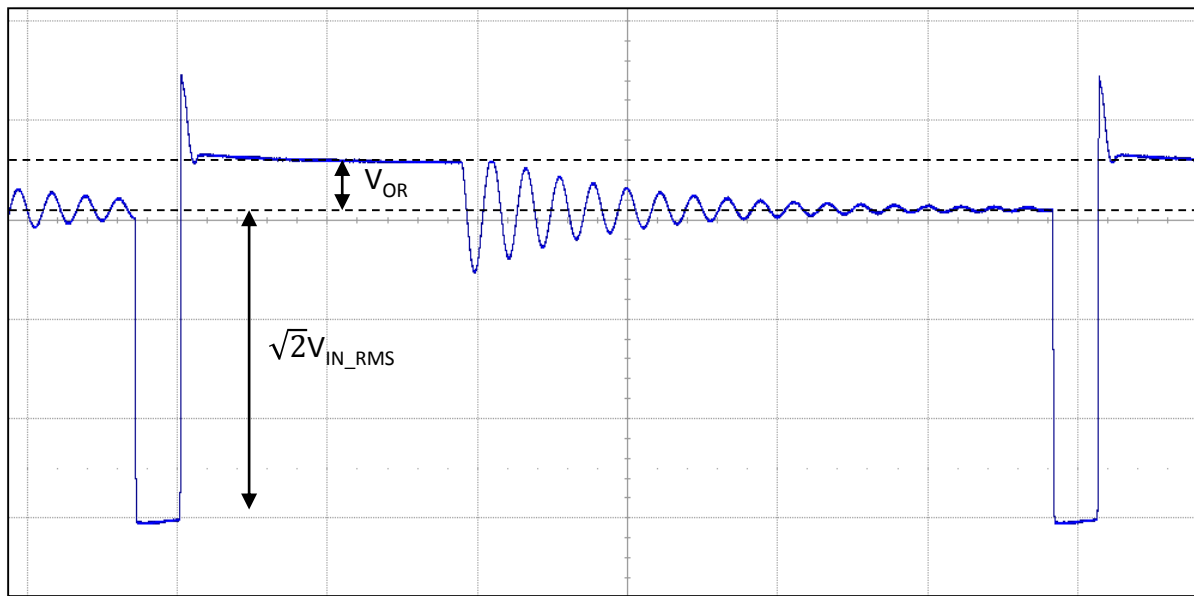
- 次级SR在初级MOSFET导通之前始终处于关断状态
 - ▶ 在连续导通模式下保持安全工作

变压器设计要点

■ 匝数比

- ▶ 影响器件应力
- ▶ 高 V_{OR} (输出反射电压) 对SRFET有利, 但对初级MOSFET不利
- ▶ 初级与次级匝数比保持在10:1 - 14:1之间, 有助于USB PD电源适配器获得最佳性能

$$V_{OR} = \frac{N_P}{N_S} \times (V_o + V_D)$$



变压器设计要点

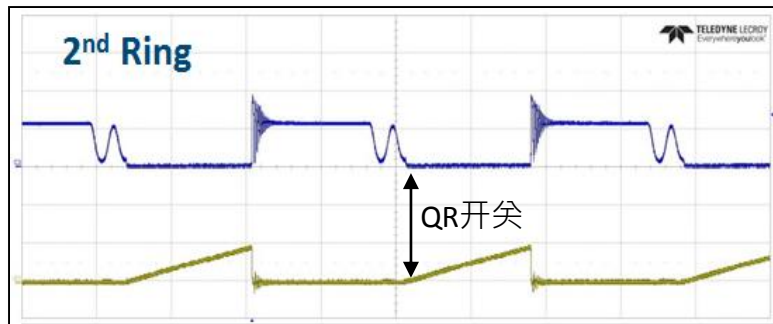
■ 匝数比

- ▶ 影响器件应力
- ▶ 高 V_{OR} (输出反射电压) 对SRFET有利, 但对初级MOSFET不利
- ▶ 初级与次级匝数比保持在10:1 – 14:1之间, 有助于USB PD电源适配器获得最佳性能

$$V_{OR} = \frac{N_P}{N_S} \times (V_o + V_D)$$

■ 电感量优化

- ▶ DCM –
 - 降低开通损耗和二极管反向恢复损耗
 - 电感量较低
 - 有助于独立SRFET控制器的安全工作
 - 峰值电流及RMS电流增大可导致传导损耗增加
 - 可以实现QR开关
- ▶ CCM –
 - 导致开关损耗增加
 - 在输出电压范围宽的低功率电源应用中对效率无明显影响

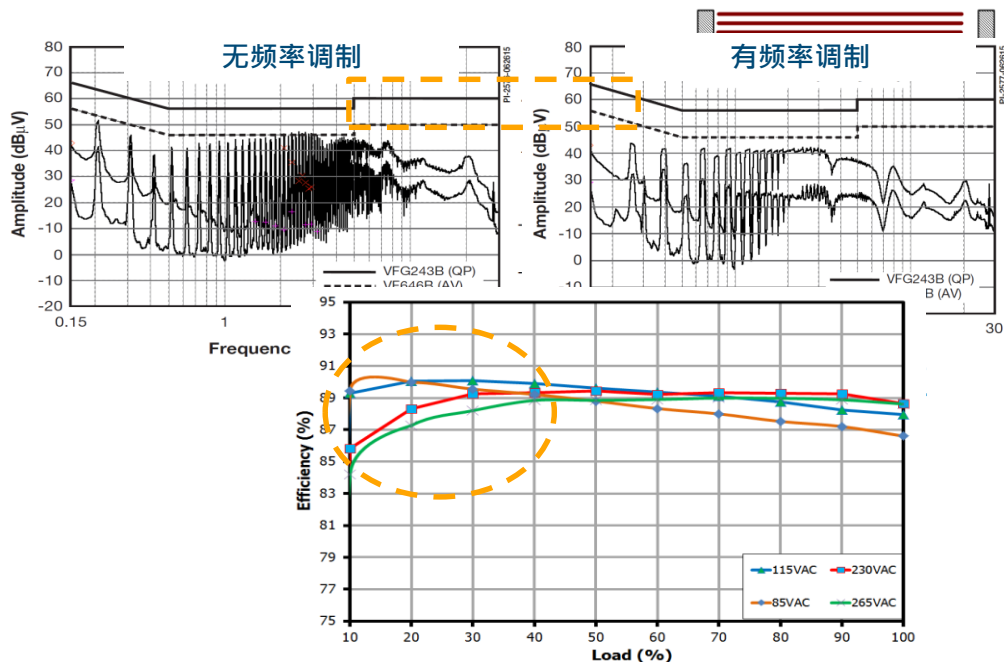


■ 最佳工作频率

- ▶ 额定满载下工作于75至85kHz之间

EMI及音频噪声的优化

- 变压器屏蔽绕组可降低共模噪声
- 频率调制可降低扫描频谱中的峰值
 - ▶ 简化EMI滤波电路的设计
- 轻载下低频率工作可提高轻载效率
 - ▶ 在某一负载下，频率会降至20 kHz以下并
- 先进的状态控制器可防止在可能造成：
 - ▶ ~7 – 12 kHz
- 变压器设计
 - ▶ 在工作频率 < 20 kHz时，确保 $B_{AC} < 120$ mT



5 V/5 A输出时电源的效率

采用I²C接口、适合USB PD及工业电源的高集成度反激式拓扑

内部集成低成本串联N沟道

MOSFET总线开关的驱动

- 直接提供负载保护

精确控制

- 3至24 V：每档位10 mV
- 电流：档位为满量程的0.78%
- 恒流调节：满量程的20%-100%

快速输入
UV/OV保护

高效率开关

- 多模式QR和CCM

初级高压
FET

直接控制同步整流开关管

初级控制器

- 效率极高
- 安全可靠

空载功率 < 30 mW

- 包括外部8mW的μC负载

次级侧检测

FluxLink™

InnoSwitch3-Pro

次级控制器

外部微控制器的
3.6 V供电

遥测

- 状态和故障报告
- 经ADC读取电压及电流信息

通过I²C接口实现数字控制

VBUS

RTN

至工业控制或其他数字控制的部件

通过USB线与USB PD器件进行通讯

- 内置安全可靠的通讯接口
- 具备PMBus协议的优势，但更简单
 - 远程控制和监测

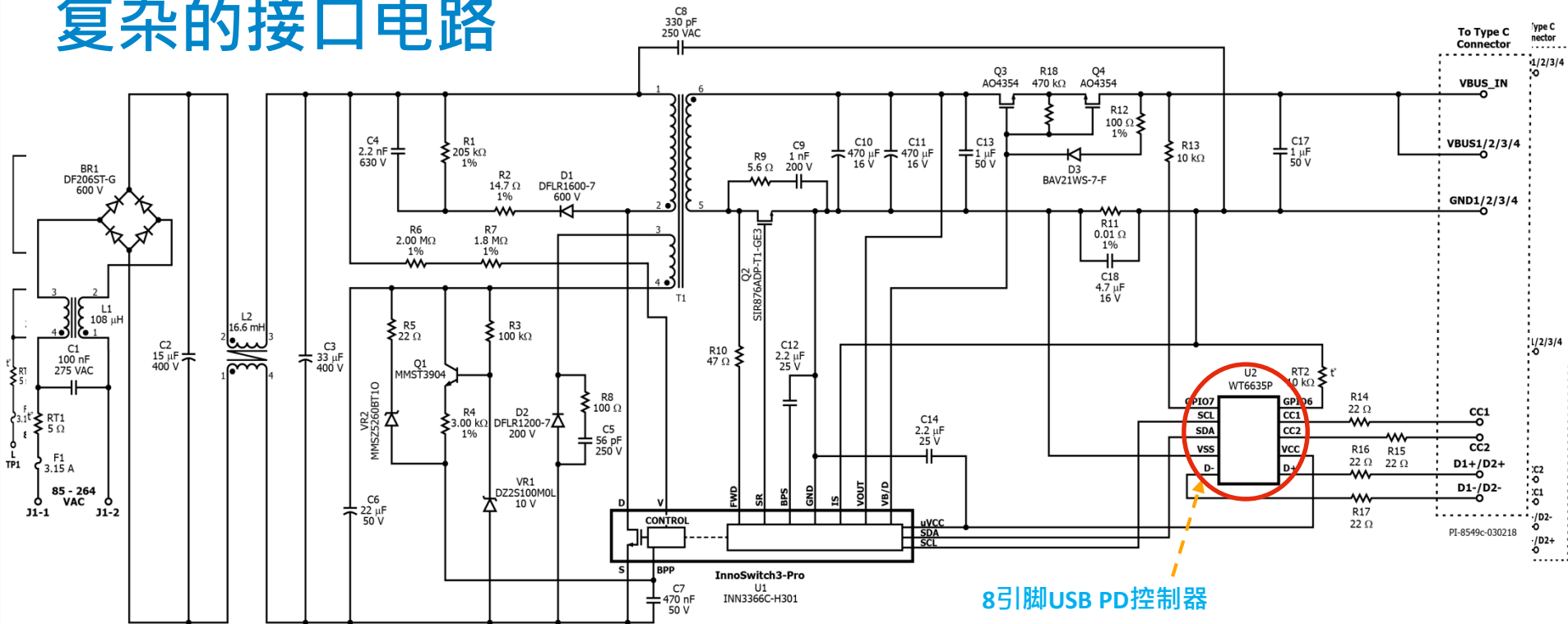
引脚优化的外部USB PD控制器

完全可配置

- 与快充协议无关
- 输出线电压降·恒功率
- 可选择的次级过压、欠压、过流、过温及短路保护



集成的I²C接口支持使用更简单的外部微控制器 - 省去复杂的接口电路



使用InnoSwitch3-CP和WT6615F USB PD控制器的27 W USB PD适配器 - 使用了82个元件
使用InnoSwitch3-Pro和WT6635P USB PD控制器的27 W USB PD适配器 - 使用了58个元件

效率 – 40 W工业电源

V_{AC}	V_o	DoE/CoC标准的平均效率要求(%)	实测平均效率(%)	10% CoC标准(%)	实测10%效率(%)
115 V	3 V	81.40	87.37	72.50	83.91
	5 V	84.2	89.57	75.50	89.30
	8 V	88.00	90.09	78.60	89.42
	15 V		90.34		85.57
	20 V		89.45		82.02
230 V	3 V	81.80	85.31	72.50	76.95
	5 V	85.00	89.12	75.50	85.55
	8 V	88.60	90.34	78.60	86.96
	15 V		90.65		83.47
	20 V		89.84		80.29

轻松满足CoC/DoE(6)能效要求

总结

- **增强型反激拓扑可满足新的USB PD要求**
- **变频控制、准谐振开关及同步整流均有助于提高效率**
 - ▶ 可实现小尺寸设计并满足US DoE及EU CoC的效率要求
- **USB PD的宽输出电压变化要求采用CCM/DCM工作模式**
 - ▶ 需要主控制器可在CCM与DCM模式之间可靠、平滑地切换
- **空载下以极低频率工作，使待机功率降至最低水平**
- **集成了I²C接口的高度集成方案**
 - ▶ 安全、可靠且体积小，可实现远程控制和监视



power integrations™



ac-dc converters



led drivers



gate drivers

power.com